

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

**Defective images within this document are accurate representation of
The original documents submitted by the applicant.**

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORLED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PAT-NO: JP410105921A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10105921 A

TITLE: THIN FILM MAGNETIC HEAD AND ITS PRODUCTION

PUBN-DATE: April 24, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HASHIMOTO, SUSUMU

HARA, MICHIKO

YODA, HIROAKI

OSAWA, YUICHI

HORI, AKIO

OZAWA, NORIO

SAKAKUBO, TAKEO

KOIZUMI, TAKASHI

INT-CL (IPC): G11B005/31

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thin film magnetic head which can be mass-produced with high fining and high reproducibility in track width and magnetic gap length and a manufacturing method.

SOLUTION: The method for manufacturing; the thin film magnetic head is provided with a process in which a nonmagnetic film is formed on a lower magnetic core 13, a groove is formed in a magnetic pole edge region containing a medium facing surface (ABS surface) of an insulating film 19a, a magnetic gap is formed at least in an inner surface of the groove and an upper magnetic core 17 is formed inside the groove and on a coil insulating film. Track width Wt can be made narrower than the minimum machining size by forming the magnetic gap 14 in the insulating film 19a after forming the groove and the process is suitable for fining. When surface roughness is generated on a groove sidewalls by etching, the surface is smoothed by the magnetic gap 14 and thereby a recording track can be obtained more clearly than heretofore. Further, the magnetic gap 14 excellent in reproducibility of gap length is obtained.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

----- KWIC -----

Abstract Text - FPAR (2):

SOLUTION: The method for manufacturing; the thin film magnetic head is

provided with a process in which a nonmagnetic film is formed on a lower magnetic core 13, a groove is formed in a magnetic pole edge region containing a medium facing surface (ABS surface) of an insulating film 19a, a magnetic gap is formed at least in an inner surface of the groove and an upper magnetic core 17 is formed inside the groove and on a coil insulating film. Track width Wt can be made narrower than the minimum machining size by forming the magnetic gap 14 in the insulating film 19a after forming the groove and the process is suitable for fining. When surface roughness is generated on a groove sidewalls by etching, the surface is smoothed by the magnetic gap 14 and thereby a recording track can be obtained more clearly than heretofore. Further, the magnetic gap 14 excellent in reproducibility of gap length is obtained.

Application Date - APD (1):

19960926

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-105921

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月24日

(51) IntCl.^a

G 1 1 B 5/31

識別記号

F I

G 1 1 B 5/31

D

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-254075

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月26日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 橋本 進

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

(72) 発明者 原 通子

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

(72) 発明者 奥田 博明

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

(74) 代理人 弁理士 外川 英明

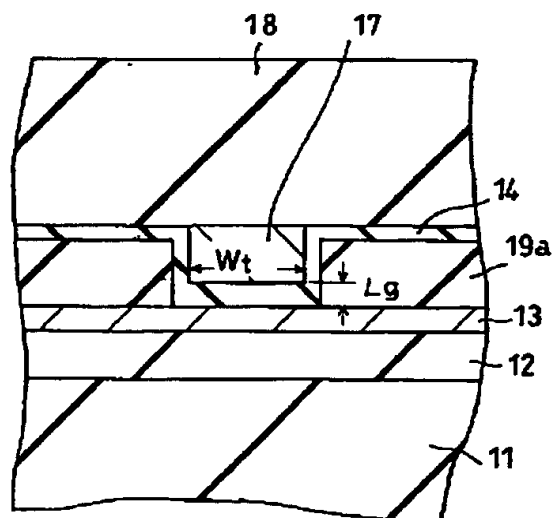
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】トラック幅 W_t 、及び磁気ギャップ長 L_g を微細にかつ高い再現性をもって量産可能な薄膜磁気ヘッド及びその製造方法。

【解決手段】本発明は、下部磁気コア上に非磁性膜を形成し、絶縁膜の媒体対向面(ABS面)を含む磁極端領域に溝を形成し、少なくとも溝の内表面に磁気ギャップを形成し、溝の内部及び前記コイル絶縁膜上に上部磁気コアを形成する工程を具備する。このように絶縁膜に溝を形成した後に磁気ギャップを形成することで、トラック幅 W_t を最小加工寸法よりも狭くすることが可能であり微細化に適する。又、溝側壁にエッチングによる表面荒れが発生しても、磁気ギャップにより平滑化されるので、記録トラックが従来よりも鮮明に得られる。さらに又、ギャップ長の再現性に優れた磁気ギャップが得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】後部領域及び磁極端領域を備える第1の磁極層と、
前記第1の磁極層の後部領域に絶縁膜を介して形成された磁気コイルと、

この磁気コイルを覆うコイル絶縁膜と、

前記第1の磁極層の磁極端領域に溝を備える非磁性膜と、

前記溝の側壁面及び底面に形成された磁気ギャップと、

前記磁気ギャップが形成された前記溝の内部及び前記コイル絶縁膜上に形成された第2の磁極層であり、前記後部領域にて前記第1の磁極層と接続される第2の磁極層とが備えられたことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】前記第1及び第2の磁極層のいずれかは、前記溝内に形成された磁極先端部半体及びこの磁極先端部半体に接続する磁極後部半体とからなることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】前記磁極後部半体は媒体対向面より後方に形成されたことを特徴とする請求項2記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】前記磁極先端部半体と前記磁極後部半体の主な構成材料は互いに異なることを特徴とする請求項2記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】前記第2の絶縁膜はノッチ構造体であることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】前記絶縁膜と前記非磁性膜は同一膜であることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】前記溝は略直方体であることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項8】前記溝内に形成され、かつ前記磁気ギャップの下に形成された軟磁性膜を具備することを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項9】前記磁気ギャップは非磁性導電体からなり、第2の磁極層のシード層であることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項10】前記溝はテーパを有することを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項11】後部領域及び磁極端領域を備える第1の磁極層を形成する工程と、

前記第1の磁極層の後部領域に絶縁膜を介して磁気コイルを形成する工程と、

この磁気コイルを覆うコイル絶縁膜を形成する工程と、

前記第1の磁極層の磁極端領域に非磁性膜を形成する工程と、

この非磁性膜の磁極端領域に溝を形成する工程と、

前記溝の側壁面及び底面に磁気ギャップを形成する工程と、

前記溝の内部及び前記コイル絶縁膜上に第2の磁極層を形成する工程とを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、HDD等の磁気記録媒体では、記録の高密度化が望まれている。磁気記録媒体の幅あたりのトラック数はこの媒体の磁束反転をもたらし薄膜磁気ヘッドのトラック幅 W_t に依存する。従って、磁気記録の高密度化を達成するには薄膜磁気ヘッドのトラック幅 W_t の狭トラック化は必須技術である。例えば、記憶密度が 200Mb/inch^2 のHDDではトラック幅 W_t は $7\mu\text{m}$ 、トラック間距離及びトラック幅公差は $2\mu\text{m}$ 程度であるが、今後はトラック巾 W_t を $5\sim 6\mu\text{m}$ 以下に、トラック巾公差を 0.5μ 以下とすることが好ましい。例えば、記録密度 10Gb/inch^2 では $1\mu\text{m}$ 以下のトラック幅、 $0.1\mu\text{m}$ 程度のトラック幅交差が要求されるであろう。

【0003】次に、従来の薄膜磁気ヘッドについて説明する。図10(a)に従来の薄膜磁気ヘッドの斜視図を、図10(b)にこの薄膜磁気ヘッドの記録部を主に示す断面図を、又、図9(d)に媒体対向面(ABS面)より観察した記録部の側面図を示す。

【0004】 $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{TiC}$ 等の基板1上に Al_2O_3 等からなる絶縁層2を介してパーマロイ等の磁性体層からなる下部磁気コア3が形成される。下部磁気コア3上の後部領域にはCu等の金属からなるコイル5が埋め込まれたポリイミド等のコイル絶縁膜6が形成され、又、媒体対向面(ABS面)を含む磁極端領域には SiO_2 等の非磁性体層からなる磁気ギャップ4が形成される。この磁気ギャップ4及びコイル絶縁膜6を覆うように磁性体層からなる上部磁気コア7が形成され、さらに、上部磁気コア7を含む基板1上には Al_2O_3 等からなる絶縁体保護膜8が形成される。

【0005】この薄膜磁気ヘッドのトラック幅 W_t は、図9(d)に示すように、磁極端領域において上部磁気コア7と下部磁気コア3が磁気ギャップ4を介して近接する幅 W_t により規定される。又、ギャップ長 L_g は図9(d)の磁気ギャップ L_g の膜厚により規定される。

【0006】この薄膜磁気ヘッドでは、コイル5に電流が流されて磁界が発生し、下部磁気コア3及び上部磁気コア7に磁束反転が誘発される。この磁束反転は磁気ギャップ5により形成される磁極端領域のギャップを横切り媒体対向面(ABS面)を通り、データ書き込みの為に走行中の磁気記録媒体まで伸びる。磁気記録媒体の幅あたりのトラック数は薄膜磁気ヘッドのトラック幅 W_t により決まる。又、磁気記録媒体のトラックの長さが 1m あたりの磁束反転数により薄膜磁気ヘッドの線密度が決まり、これはギャップ長 L_g により決まる。

【0007】次に、従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法を

媒体対向面（ABS面）より観察した工程別断面図である図9（a）乃至図9（d）を用いて説明する。まず、図9（a）に示すように、 $Al_2O_3 \cdot TiC$ 基板1の表面に Al_2O_3 等の絶縁膜2をRF（Radio Frequency）スパッタ法等により形成し、さらにこの絶縁膜2の表面にパーマロイ等の磁性体層をRFスパッタ法等により形成し下部磁気コア3とする。

【0008】次に、図9（b）に示すように、下部磁気コア3上に磁気ギャップとなる $a-Si$ 等の非磁性膜4、及び SiO_2 等の非磁性膜9をCVD（Chemical Vapor Deposition）法等により順次形成する。そして、図9（c）に示すように、絶縁膜9の上にフォトレジスト膜を塗布しPEP（Photo Engraving Process）によりレジストパターン10を形成する。

【0009】この後、図9（d）に示すように、レジストパターン10をマスクにRIE（Reactive Ion Etching）等の異方性エッチング法により絶縁膜9の部分領域をエッチングし、媒体対向面（ABS面）を含む溝（開口）を形成し、この溝の内表面に10 コリメーションスパッタ法等により $Co_{90}Zr_3Nb_6$ 等の軟磁性膜を形成して上部磁気コア7を形成する。この後、絶縁膜9a上に形成された軟磁性膜をイオンミリング法等により除去する。

【0010】次に、上部磁気コア7及び絶縁膜9aの表面にCVD法等により絶縁体保護膜8を形成し、従来の薄膜磁気ヘッドが完成する。これらは、複数個が基板1上に形成され、絶縁体保護膜形成後に単体に加工される。この従来の製造方法によれば、トラック幅 W_t は図9（c）に示す絶縁膜9aに形成される溝幅により決まり、又トラック幅 W_t はパターンニング精度に依存する。

【0011】上記の薄膜磁気ヘッドでは、絶縁膜6と磁気ギャップ4の下地段差 h （図10（a）、図10（b）を参照）は $10\mu m$ 程度あり、溝形成のためのフォトレジストマスクは、この段差を完全に被覆する必要がある、塗布法を工夫してもフォトレジストの厚さは $5\mu m$ 程度必要である。

【0012】そして、コンタクト方法により露光すると、 $10\mu m$ のフォトマスク下面からフォトレジストの下面までは最低でも $15\mu m$ （下地段差 $10\mu m$ ＋フォトレジスト厚 $5\mu m$ ）程度となり、この条件ではフレネル回折によるボケの大きさ（光強度が100%から50%まで変化する範囲）は $3.5\mu m$ となる。従って、トラック幅 W_t 及びトラック幅公差は夫々 $2\mu m$ 、 $0.5\mu m$ が最小加工寸法となる。これでは $200Mb/inch^2$ にも対応できない。さらに、狭トラック化が進むと異方性のRIE法等によっても微細な溝幅を再現性よく実現することが難しくなると共に、溝側壁は異方性エッチングにより表面荒れが発生し、記録トラックが不鮮明になる等の問題がある。このような問題を解決するた

めに、媒体対向面（ABS面）からトラック加工する方法が提案されている（IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, Vol. 24, No. 6, November 1988 p. 2841-2843）。又、FIB（Focus Ion Beam）エッチングを用いて媒体対向面からトラック加工する方法も提案されている（特開平3-296907号公報）。これらの方法によれば狭いトラック幅は確保できるが、単体毎の処理になること、又FIBエッチングはスループットが遅いこと等から量産に向かない。

【0013】又、上述した従来の製造方法によれば、エッチングによる溝形成時に磁気ギャップ4の表面がオーバーエッチングされるため、ギャップ長 l_g の均一かつ高精度の制御が困難であるという問題がある。上述の製造方法により製造した薄膜磁気ヘッドでは、膜厚約 $0.3\mu m$ に形成した磁気ギャップ4は溝を形成するためのRIE法等の異方性エッチングを行うと、オーバーエッチングにより約 $0.2\mu m$ の厚さまで減少する。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上述の通り、従来の薄膜磁気ヘッドではその構造から、トラック幅 W_t を微細にかつ再現性よく量産できることが困難であり、記録トラックが不鮮明になる等の問題があった。又、ギャップ長 l_g の均一かつ高精度の制御が困難である等の問題があった。

【0015】本発明はこれらの問題を解決することを目的とし、トラック幅 W_t 、及び磁気ギャップ長 l_g を微細にかつ高い再現性をもって量産可能な薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する為に、本発明の第1は、後部領域及び磁極端領域を備える第1の磁極層と、第1の磁極層の後部領域に第1の絶縁膜を介して形成された磁気コイルと、この磁気コイルを覆うコイル絶縁膜と、第1の磁極層の表面に形成された、磁極端領域に溝を備える第2の非磁性膜と、前記溝の側壁面及び底面に形成された磁気ギャップと、磁気ギャップが形成された前記溝の内部及び前記コイル絶縁膜上に形成された第2の磁極層であり、後部領域にて第1の磁極層と接続する第2の磁極層とが備えられたことを特徴とする薄膜磁気ヘッドを提供する。

【0017】このように第1の絶縁膜に溝を形成した後に磁気ギャップ及び第2の磁極層を形成することで、量産工程においても、トラック幅 W_t を最小加工寸法よりも狭くすることが可能である。

【0018】又、従来の製造方法にみられたようなオーバーエッチングによるギャップ長 l_g の劣化等の問題がない。さらに又、第2の非磁性膜の側壁面が荒れていても、磁気ギャップにより平滑化されるため、磁気トラックが不鮮明になる等の問題がない。

【0019】この薄膜磁気ヘッドにおいて、第1及び／又は第2の磁気コアは、溝内に形成された磁極先端部半体及びこの磁極先端部半体に接続する磁極後部半体とかなることが好ましい。

【0020】このように磁気コアを分離することで、媒体対向面に露出する磁気コアのトラック幅を微細なものとできる。又、磁極後部半体は媒体対向面より後方に形成されることが、磁束の漏洩を防止する為に好ましい。

【0021】又、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極先端部半体と前記磁極後部半体の主な構成材料は互いに異なることが電磁変換効率向上から好ましい。又、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、第2の絶縁膜はノッチ構造体とすることができる。

【0022】又、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、第1の絶縁膜と第2の絶縁膜は同一膜とすることも可能である。又、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、溝は略直方体であることが媒体対向面への磁束の漏洩を抑制するために好ましい。

【0023】又、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、溝内に形成され、かつ磁気ギャップの下に軟磁性膜が備えられることが大きい磁界強度を得る為に好ましい。又、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁気ギャップは非磁性導電体からなり、第2の磁気コアのシード層であることも可能である。

【0024】さらに又、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、溝はテーパーを有すれば、後に形成する磁気ギャップ等の被覆形状が良好なものとなる。上記課題を解決するために、本発明の第2は、後部領域及び磁極端領域を備える第1の磁極層を形成する工程と、第1の磁極層の後部領域に絶縁膜を介して磁気コイルを形成する工程と、磁気コイルを覆うコイル絶縁膜を形成する工程と、前記第1の磁極層の磁極端領域に非磁性膜を形成する工程と、非磁性膜の磁極端領域に溝を形成する工程と、少なくとも前記溝の側壁面及び底面に磁気ギャップを形成する工程と、溝の内部及び前記コイル第2の絶縁膜上に第2の磁極層を形成する工程とを備えること薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供する。

【0025】このように非磁性膜の溝に磁気ギャップ及び第2の磁極層を形成することで、トラック幅 W_t を最小加工寸法よりも狭くすることが可能であり微細化に適している。又、溝側壁面にエッチングによる表面荒れが発生しても、磁気ギャップにより平滑化されるので、記録トラックが従来よりも鮮明に得られる。さらに又、劣化のない再現性に優れた磁気ギャップが得られる。

【0026】又、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、第1及び／又は第2の磁極層を形成する工程は、溝内に磁極先端部半体を形成する工程、及びこの磁極先端部半体に接続する磁極後部半体を前記後部領域に形成する工程とを備えることが好ましい。

【0027】又、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法に

において、磁極先端部半体は媒体対向面より後方に形成することが磁束の漏洩を低減するために好ましい。又、磁極先端部半体と前記磁極後部半体の主な構成材料は互いに異なることが好ましい。

【0028】又、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、非磁性膜はノッチ構造体とすることも可能である。又、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、絶縁膜と非磁性膜を同一膜により形成すれば、工程数の削減となる。

【0029】又、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、溝は略直方体であることが磁束の漏洩を低減するために、好ましい。又、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、磁気ギャップの形成に先立ち、少なくとも前記溝の底面に軟磁性膜を形成することが強い磁界強度を得る為に好ましい。

【0030】又、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、溝はテーパーを有すると、磁気ギャップ等の被覆形状を良好に行える。さらに又、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、磁気ギャップは非磁性導電体からなり、この非磁性導電体をシードとしてめっき成長法により第2の磁気コアを形成することも可能である。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各実施の形態を図面を参照しつつ説明する。尚、各図は本発明の薄膜磁気ヘッド及びその方法をわかりやすく説明するために実寸法とは異なって記載されている。

【0032】（第1の実施の形態）図1は本発明の第1の実施形態である薄膜磁気ヘッドの記録部を媒体対向面（ABS面）より観察した側面図であり、図2はこの薄膜磁気ヘッドの断面図である。図2に示すように、媒体対向面（ABS面）から溝側面に形成された磁気ギャップまでの磁極先端部と、これよりも後方の後部領域とかなる。Al₂O₃・TiC等からなる基板11上には、Al₂O₃等の絶縁層12を介して、磁性体からなる下部磁気コア13が形成されている。この磁性体材料として、CoZrNb、NiFe等がある。この下部磁気コア13には媒体対向面に望む溝を有するSiO₂等の絶縁膜19aが形成される。この絶縁膜19aの側壁表面、及び前記溝に露出する下部磁気コア13の表面にはAl₂O₃等の非磁性体層からなる磁気ギャップ14が形成される。磁気ギャップ14として、非磁性の導電性材料を用いてもよい。磁気ギャップ14により内表面が覆われた溝の内部にはCoZrNb、或いはNiFe等の磁性体からなる上部磁気コア17が形成される。磁界を生成するCu等のコイル15は、図2の断面図に示すように、下部磁気コア13上の、磁極端領域よりも後方の後部領域に、絶縁膜19aを介して形成される。コイル15はポリイミド等のコイル絶縁膜16により覆われ、上述の上部磁気コア17は絶縁膜16を覆い、媒体対向面（ABS面）に対して奥側他端で下部磁気コア13

と接続され、磁気回路を形成している。

【0033】本実施形態のトラック幅 W_t は図1に示すように、磁気ギャップ14が形成された溝内部の上部磁気コア17の幅により決定される。従って、溝側壁に形成された磁気ギャップの厚さ分、PEP工程による最小加工寸法よりも狭く形成でき微細化に適する。又、溝の側壁にRIE法等による物理的エッチングによる表面荒れが発生しても、磁気ギャップにより平滑化されるので、記録トラックが従来の構造よりも鮮明に得られる。さらに又、磁気ギャップ14には物理的エッチングによる膜減りがおこらないので、再現性に優れたギャップ長 L_g といえる。

【0034】次に、本実施形態の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。まず、図3(a)に示すように、 $Al_2O_3 \cdot TiC$ 等の基板11の表面に膜厚 $5\mu m$ 程度の Al_2O_3 等の非磁性膜12をRF(Radio Frequency)スパッタ法等により形成し、さらにこの非磁性膜12の表面に膜厚約 $1\mu m$ の結晶質軟磁性体膜をRFスパッタ法等により形成し、下部磁気コア13とする。結晶質軟磁性体膜として、 $Co_{87}Zr_{13}Nb_8$ (at%)、 $FeCo$ 系の窒化微結晶膜又は酸化微結晶膜、 $Ni_{80}Fe_{20}$ (at%)、及びセンダスト $FeAlSi$ 等を用いることができる。又、下部磁気コア13にはこれらの結晶質軟磁性体を複数積層することも可能であり、このような構造とすると、上部磁気コアからの磁束が効率よく下部磁気コアにむけて伝わる。この後、下部磁気コア13と後に形成する磁気ギャップ19の密着性を向上させる為に、下部磁気コア13表面にチタンTiやアモルファスシリコン等のバッファ膜を形成してもよい。この後、後部領域には図2に示すようにCu等の導電体のコイル15をめっき法等により形成し、このコイル15を覆うポリイミド等の絶縁膜16を形成する。

【0035】次に、図3(b)に示すように、下部磁気コア13上に厚さ約 $1\mu m$ の絶縁膜例えば SiO_2 膜19をRFスパッタ法等により形成し、さらに、この SiO_2 膜19の上にフォトリソ膜を塗布しPEPによりレジストパターン20を形成する。

【0036】この後、図3(c)に示すように、レジストパターン20をマスクにRIE等の異方性エッチングにより SiO_2 膜19の部分領域をエッチングし、 SiO_2 膜19aに囲まれた深さ $1\mu m$ 、幅 $1\mu m$ の溝19bを形成する。この溝は基板11上に複数の薄膜磁気ヘッドを形成して単体に加工された後に媒体対向面(ABS面)に望む。

【0037】続いて、図3(d)に示すように、溝の内表面、 SiO_2 膜19aの表面に磁気ギャップ14を形成する。この磁気ギャップ14はRFスパッタ法により形成された Al_2O_3 等の非磁性膜であり、溝の底の膜厚は $0.3\mu m$ 、 SiO_2 膜19aの側壁に付着した厚

さは $0.1\mu m$ であった。磁気ギャップ14は膜厚 $0.02\mu m$ のアモルファスシリコン層と膜厚 $0.2\mu m$ のチタン層の積層膜としてもよい。このようにすると、溝の底面ならびに側壁面の凹凸を抑制できる。

【0038】そして、図3(e)に示すように、表面に磁気ギャップ4が形成された溝19bに $Co_{90}Zr_{10}Nb_8$ (at%)等のアモルファス磁性体層からなる上部磁気コアを構成する磁極先端部半体17をコリメーションバックタ法等により形成する。又、上部磁気コア17の材料として、(FeCo)系の窒化微結晶膜や $Ni_{80}Fe_{20}$ (at%)、センダスト $FeAlSi$ 等の結晶質で飽和磁束密度の高い軟磁性膜を用いることもできる。この後、絶縁膜19a上にも形成された磁性体膜20をイオンミリング法等により除去する。後部領域には、図2に示すように、磁極先端部半体17と面接触し、上部磁気コアを構成する磁極後部半体17aを形成する。磁極後部半体17aは後部領域の媒体対向面(ABS面)の他端で下部磁気コア13と接続される。溝内に形成された磁極先端部半体17は高さ $1\mu m$ 、幅 $0.8\mu m$ となる。従って、トラック幅 W_g は $0.8\mu m$ である。この後、絶縁体保護膜18をCVD法等により形成し、基板上に複数形成した薄膜磁気ヘッドを単体に加工して本実施形態の薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0039】上述の製造方法によれば、磁気ギャップ14の形成を絶縁膜19aの溝を形成した後に行うので、記録トラック幅 W_t は溝側壁の磁気ギャップ14の幅の分だけ、最小加工寸法より狭めることができ、狭トラック化に適している。例えば、溝幅を $1.7\mu m$ 、 $2.2\mu m$ とし、上述の条件と同じく磁気ギャップ及び磁極先端部半体を形成したところ、磁極先端部半体のトラック幅は夫々 $1.5\mu m$ 、 $2.0\mu m$ であった。

【0040】又、磁気ギャップ長 L_g を精度よく、又再現性よく得られる。又、絶縁膜19aの溝側壁の表面が荒れても、磁気ギャップ14の形成により磁極先端部半体17の側面は平滑なものとでき、トラック幅を鮮明なものとできる。

【0041】次に、本発明の第2の実施形態を説明する。高密度化に伴い、記録ビット径が小さくなり、これに応じて記録ヘッドの記録磁界を大きくする必要がある。本実施形態では、図4及び図5に示すように、媒体対向面(ABS面)の磁気ギャップ34と下部磁気コア32aの界面に飽和磁束密度の大きい、軟磁性特性に優れた微結晶磁性膜33を挿入し、磁気記録媒体の高保持力化に対応した、大きい磁界強度を得ることが可能である。この薄膜磁気ヘッドは、図5に示すように、媒体対向面(ABS面)から溝側面に形成された磁気ギャップまでの磁極先端部と、これよりも後方の後部領域とからなる。

【0042】次に、図6(a)乃至(c)を用いて、本実施形態の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。ま

ず、図6(a)に示すように、第1の実施形態と同じく、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ 等の基板31の表面に膜厚 $5\mu\text{m}$ 程度の Al_2O_3 等の絶縁膜32をRFスパッタ法等により形成し、さらにこの絶縁膜32の表面に膜厚約 $1\mu\text{m}$ の $\text{Co}_{87}\text{Zr}_5\text{Nb}_8$ (at%)、 FeCo 系の窒化微結晶膜又は酸化微結晶膜、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (at%)、或いはセンダスト FeAlSi 等の結晶質軟磁性体層をRFスパッタ法等により形成し下部磁気コア32aとする。この下部磁気コア32aはこれらの結晶質軟磁性体を複数積層してもよい。又、後に形成する絶縁膜32bとの密着性を向上させる為に、下部磁気コア32aの表面にチタンTiやアモルファスシリコン等のバッファ層を形成してもよい。次に、下部磁気コア32a上に絶縁膜例えば SiO_2 膜を厚さ約 $1\mu\text{m}$ にRFスパッタ法等により形成し、さらに、この SiO_2 膜の上にフォトリソ膜を塗布しPEPによりレジストパターンを形成する。

【0043】この後、レジストパターンをマスクにRIE等の異方性エッチング法により SiO_2 膜の部分領域をエッチングにより除去して、図6(a)に示すように SiO_2 膜19aに囲まれた深さ $1\mu\text{m}$ 、底の幅が $0.7\mu\text{m}$ の溝40(溝)を形成する。この溝は、基板上の複数の薄膜磁気ヘッドを単体に加工後した薄膜磁気ヘッドの媒体対向面に望む。この溝40の形成は記録トラックをきれいに形成し、又、磁気効率から SiO_2 膜19aの側部をテーパー状にして端部が先細りとなるように形成することが好ましい。このようなテーパー状にするには、前記エッチングをCDE等で行う。

【0044】続いて、図6(b)に示すように、溝40の底に露出した下部磁気コア32aの表面、及び SiO_2 膜32bの表面に厚さ $0.5\mu\text{m}$ の FeTaN からなるアモルファス膜を反応性スパッタ法により形成し、温度 300°C 、1時間の熱処理により微結晶化し、軟磁性化を図る。さらに、図6(b)に示すように、厚さ $0.2\mu\text{m}$ のアモルファスシリコン膜等の非磁性膜を形成し、磁気ギャップ34とする。溝の底の膜厚は $0.2\mu\text{m}$ 、 SiO_2 膜32bの側壁面に付着した厚さは $0.1\mu\text{m}$ であった。又、磁気ギャップ34は膜厚 $0.28\mu\text{m}$ のアモルファスシリコン(Si)層と膜厚 $0.2\mu\text{m}$ の酸化チタンの積層膜としてもよい。このようにすると、溝の底面、側面の表面平坦性が優れる。

【0045】そして、図6(c)に示すように、表面に磁気ギャップ34が形成された溝に $\text{Co}_{90}\text{Zr}_4\text{Nb}_6$ (at%)、アモルファス磁性体膜からなる上部磁気コア35をコーリメーションスパッタ法等により形成する。この後、絶縁膜32b上にも形成された磁性体膜 $\text{Co}_{87}\text{Zr}_5\text{Nb}_8$ 35をイオンミリング法等により除去する。又、上部磁気コア35の材料として、(FeCo)系の窒化微結晶膜や $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (at%)、センダスト FeAlSi 等の結晶質で飽和磁束密度の高い軟

磁性膜でもよい。上部磁気コア35は媒体対向面(ABS面)の他端で下部磁気コア32aと接続される。溝内に形成された上部磁気コア35は高さ $1\mu\text{m}$ 、幅 $0.8\mu\text{m}$ となる。この後、後部領域には図5に示すように、Cu等の導電体のコイル15をめっき法等により形成し、このコイル15を覆うポリイミド等のコイル絶縁体層16を形成する。この後、絶縁体保護膜をCVD法等により形成して本実施形態の薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0046】次に、本発明の第3の実施形態の薄膜磁気ヘッドを説明する。この薄膜磁気ヘッドは、媒体対向面(ABS面)から溝側面に形成された磁気ギャップまでの磁極先端部と、これよりも後方の後部領域とからなる。又、後部領域にはBG(バックギャップ)が形成される。

【0047】図7(a)は本実施形態の薄膜磁気ヘッドを説明するための断面図、図7(b)は媒体対向面(ABS面)より観察した側面図、図7(c)は図7(a)に示す薄膜磁気ヘッドのうち磁極先端部を主に示す断面図、図7(d)は絶縁膜54を形成した後の磁極先端部を主に示す平面図である。本実施形態では、表面に Al_2O_3 等の絶縁膜52が形成された $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ 等の基板(図示せず)上に下部磁気コア53が形成される。この下部磁気コア53上には媒体対向面に望む溝が形成された絶縁膜54が備えられ、後部領域には絶縁膜57により下部磁気コア53と絶縁された磁気コイル58が備えられている。又、この磁気コイルは絶縁膜59により覆われている。溝の内表面、絶縁膜54及び絶縁膜59上には磁気ギャップ55が形成され、溝内部の磁気ギャップ上には磁極先端部半体56aが形成され、これと面接触する磁極後部半体56bが絶縁膜54及び絶縁膜59上の磁気ギャップ55上に形成されている。磁極先端部半体56aと磁極後部半体56bは共に上部磁気コアを構成する。

【0048】次に、本実施形態の製造方法を説明する。まず、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ 等の基板(図示せず)の表面に膜厚 $5\mu\text{m}$ 程度の Al_2O_3 等の絶縁膜(図示せず)をRFスパッタ法等により形成し、さらにこの絶縁膜の表面に膜厚約 $1\mu\text{m}$ の $\text{Co}_{87}\text{Zr}_5\text{Nb}_8$ (at%)、 FeCo 系の窒化微結晶膜又は酸化微結晶膜、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (at%)、或いはセンダスト FeAlSi 等の結晶質軟磁性体層をRFスパッタ法等により形成し下部磁気コア52とする。この下部磁気コア52はこれらの結晶質軟磁性体を複数積層してもよい。又、後に形成する絶縁膜32bとの密着性を向上させる為に、下部磁気コア32aの表面にチタンTiやアモルファスシリコン等のバッファ層を形成してもよい。

【0049】次に、下部磁気コア52上に絶縁膜、例えば SiO_2 膜を厚さ約 $1\mu\text{m}$ にRFスパッタ法等により形成し、さらに、この SiO_2 膜の上にフォトリソ

膜を塗布しPEPによりレジストパターンを形成する。このレジストパターンは単体加工後に媒体対向面に望む溝を囲むように形成される。

【0050】この後、レジストパターンをマスクにRIE等の異方性エッチング法によりSiO₂膜の部分領域をエッチングにより除去して、SiO₂膜54に囲まれた深さ1μm、底の幅が1μmの溝を形成する。続いて、絶縁膜54より後部の下部磁気ギャップ53上には絶縁膜57を介して導電性材料からなるコイル58、及びこれを覆うコイル絶縁膜59を形成する。

【0051】続いて、溝の内表面、SiO₂膜19a上に磁気ギャップ14を形成する。この磁気ギャップ14はRFスパッタ法により形成されたAl₂O₃等の非磁性膜であり、溝の底の膜厚は0.3μm、SiO₂膜19aの側壁に付着した厚さは0.1μmであった。磁気ギャップ14は膜厚0.02μmのアモルファスシリコン層と膜厚0.2μmの酸化チタン層の積層膜としてもよい。この磁気ギャップ55により媒体対向面からゼロ・スロット・レベルの高さが決まり、又、磁気ギャップ55表面より媒体対向面（ABS面）が磁極端領域、ゼロ・スロット・レベルを境にこれより後方から後部ギャップ（BG）が後部領域となる。

【0052】次に、表面に磁気ギャップ53が形成された溝にCo₉₀Zr₄Nb₆（at%）、アモルファス磁性体膜からなる上部磁気コア56aをコーメーションスパッタ法等により形成する。又、上部磁気コア56aの材料として、（FeCo）系の窒化微結晶膜やNi₈₀Fe₂₀（at%）、センダストFeAlSi等の結晶質で飽和磁束密度の高い軟磁性膜でもよい。上部磁気コア56aは媒体対向面（ABS面）の他端で下部磁気コア53と接続される。溝内に形成された上部磁気コア53は高さ1μm、幅0.8μmとなる。この後、絶縁体保護膜をCVD法等により形成し、同一基板上に複数形成した薄膜磁気ヘッドを単体に加工して本実施形態の薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0053】次に、本発明の第4の実施形態を図8（a）の再生部の磁極端領域及び後部領域の一部を示す断面図、及び図8（b）の媒体対向面より観察した側面図を用いて説明する。本実施形態では、表面にAl₂O₃等の絶縁膜（図示せず）が形成されたAl₂O₃・TiC等の基板（図示せず）上に下部磁気コアの一部を構成する磁極後部半体83aが形成される。この磁極後部半体83a上には媒体対向面に望む溝が形成されたU形状の絶縁膜84が備えられ、この絶縁膜84より後方には絶縁膜57上に磁気コイル（図示せず）が備えられている。又、この磁気コイルはコイル絶縁膜59により覆われている。U形状の絶縁膜83の溝の内側壁、この磁気ギャップ85により覆われた溝内部には下部磁気コアの一部を構成し、磁極後部半体83aに面接触する磁極先端部半体83b、この磁極先端部半体83b、絶縁膜84

の溝内側壁及びコイル絶縁膜59上に形成される磁気ギャップ85、及び上部磁気コアの一部を構成する磁極先端部半体86aが順次積層形成されている。磁極先端部半体86a及びコイル絶縁膜59上には、上部磁気コアの一部を構成する磁極後部半体86bが形成される。

【0054】本実施形態の薄膜磁気ヘッドによれば、絶縁膜84の内側壁にギャップ層85が形成されているため、絶縁膜84の溝の形成がPEPの最小加工寸法であっても、トラック幅Wtはさらに小さくできる。又、絶縁膜84の内側壁に物理的エッチングによる表面荒れがあっても、ギャップ層85により平滑化され、磁気トラックの鮮明さが得られる。又、溝形成のための物理的エッチングを行った後に磁気ギャップが形成されるので、ギャップ長Lgは再現性よく、又精度よいものである。

【0055】次に、本実施形態の製造方法を説明する。まず、Al₂O₃・TiC等の基板（図示せず）の表面に膜厚5μm程度のAl₂O₃等の絶縁膜（図示せず）をRFスパッタ法等により形成し、さらにこの絶縁膜の表面に膜厚約1μmのCo₈₇Zr₅Nb₈（at%）、FeCo系の窒化微結晶膜又は酸化微結晶膜、Ni₈₀Fe₂₀（at%）、或いはセンダストFeAlSi等の結晶質軟磁性体層をRFスパッタ法等により形成し下部磁気コアの一部を構成する磁極後部半体83aとする。この磁極後部半体83aはこれらの結晶質軟磁性体を複数積層してもよい。

【0056】次に、下部磁気コア83a上に絶縁膜、例えばSiO₂膜を厚さ約1μmにRFスパッタ法等により形成し、さらに、このSiO₂膜の上にフォトリソ膜を塗布しPEPによりレジストパターン（図示せず）を形成する。このレジストパターンは単体加工後には媒体対向面に望む溝を囲むように形成される、この後、レジストパターンをマスクにRIE等の異方性エッチング法によりSiO₂膜の部分領域をエッチングにより除去して、SiO₂膜84に囲まれた深さ1μm、底の幅が1μmの溝を形成する。続いて、絶縁膜84より後部の下部磁気ギャップ53上には絶縁膜57を介して導電性材料からなるコイル（図示せず）、及びこれを覆うコイル絶縁膜59を形成する。

【0057】続いて、溝の内表面に下部磁極の一部を構成する磁極先端部半体83bを磁性体を用いて形成する。この磁極先端部半体83bは絶縁膜84の上面に至るまでは形成しない。後に形成する絶縁膜85との密着性を向上させる為に、磁極先端部半体83bの表面にチタンTiやアモルファスシリコン等のバッファ層を形成してもよい。

【0058】続いて、磁極先端部半体83b、溝の内側壁、及びコイル絶縁膜59上に磁気ギャップ14を形成する。この磁気ギャップ14はRFスパッタ法により形成されたAl₂O₃等の非磁性膜であり、溝の底の膜厚は0.3μm、SiO₂膜19aの側壁に付着した厚さは

0.1 μm であった。磁気ギャップ14は膜厚0.02 μm のアモルファスシリコン層と膜厚0.2 μm の酸化チタン層の積層膜としてもよい。この磁気ギャップ55により媒体対向面からゼロ・スロート・レベルの高さが決まり、又、磁気ギャップ55表面より媒体対向面(ABS面)が磁極端領域、ゼロ・スロート・レベルを境にこれより後方から後部ギャップ(BG)が後部領域となる。

【0059】次に、内表面に磁気ギャップ85が形成された溝に $\text{Co}_{90}\text{Zr}_4\text{Nb}_6$ (at%)、アモルファス磁性体膜からなる上部磁気コア86aをコーメーションスパッタ法等により形成する。又、上部磁気コア86aの材料として、 (FeCo) 系の窒化微結晶膜や $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (at%)、センダスト FeAlSi 等の結晶質で飽和磁束密度の高い軟磁性膜でもよい。上部磁気コアを構成する後部磁極半体86aは媒体対向面(ABS面)の他端で下部磁気コアを構成する後部磁極半体83aと接続される。溝内に形成された上部磁気コア35は幅0.8 μm となる。この後、絶縁体保護膜をCVD法等により形成し、同一基板上に複数形成した薄膜磁気ヘッドを単体加工して本実施形態の薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0060】上述の第1の実施形態及び第2の実施形態では磁極後部半体56b、83a、86bが媒体対向面(ABS面)の一部を構成しているが、媒体対向面より後退してもよく、このようにすると磁束漏洩が低減でき、好ましい。又、上述のすべての実施形態において磁気コアを磁極先端部半体と磁極後部半体のように分離せずに、一体に形成してもよい。さらに、又、溝が形成される絶縁膜14、34、55、85はコイルを覆うコイル絶縁膜16、59を形成した後に形成し、絶縁膜その一部がコイル絶縁膜上に延在するように形成してもよい。

【0061】溝が形成される非磁性膜には二酸化シリコン等のシリコン酸化物やシリコン窒化物、シリコン、カーボンを用いることができる。又、磁気ギャップは Al_2O_3 の他に、ニッケル・リン、ニッケル・モリブデン、ニッケル・クロム、ニッケル・タングステン、金及び銅等の導電性の非磁性体があげられる。これらを用いた場合には、これをシードとして上部磁気コアをめっき成長させることができる。

【0062】

【発明の効果】本発明によれば、鮮明で微細なトラック幅 W_t 、及び精度よいギャップ長 L_g を高い再現性をもって量産可能な薄膜磁気ヘッド及びその製造方法が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の薄膜磁気ヘッドを説明するための媒体対向面(ABS面)の側面図。

【図2】第1の実施形態の薄膜磁気ヘッドを説明するための断面図。

【図3】第1の実施形態の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための断面図。

【図4】本発明の第2の実施形態の薄膜磁気ヘッドを説明するための媒体対向面(ABS面)の側面図。

【図5】第2の実施形態の薄膜磁気ヘッドを説明するための断面図。

【図6】第2の実施形態の薄膜磁気ヘッドを説明するための断面図。

【図7】本発明の第3の実施形態の薄膜磁気ヘッドを説明するための断面図(図7(a)、図7(c))、側面図(図7(b))及び平面図(図7(d))。

【図8】本発明の第4の実施形態の薄膜磁気ヘッドを説明するための断面図及び側面図。

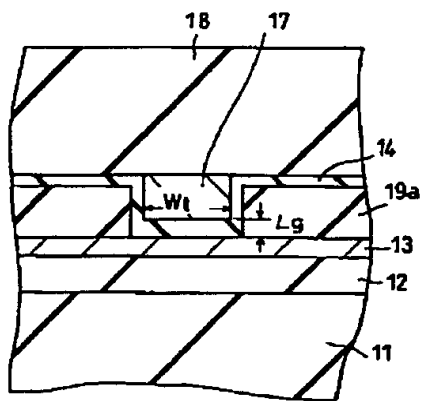
【図9】従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明するための断面図。

【図10】薄膜磁気ヘッドの斜視図、及び断面図。

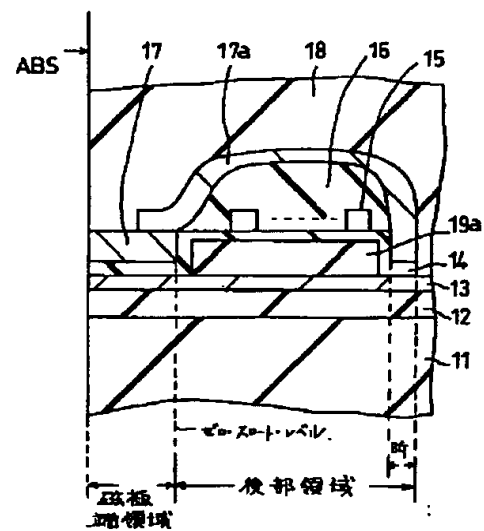
【符号の説明】

- 1, 11, 31, ... 基板
- 2, 12, 32, 52, ... 絶縁膜
- 3, 13, 32a, 53, 83a, 83b, ... 下部磁気コア
- 4, 14, 34, 55, 85, ... 磁気ギャップ
- 5, 15, 58, ... コイル
- 6, 16, 59, ... コイル絶縁膜
- 7, 17, 17a, 37, 37a, 56b, 86a, 86b, ... 上部磁気コア
- 8, 18, 39, ... 絶縁体保護膜
- 9, 9a, 19a, 32b, 54, 84, ... 絶縁膜
- 10, ... レジストパターン
- 33, ... 微結晶軟磁性体

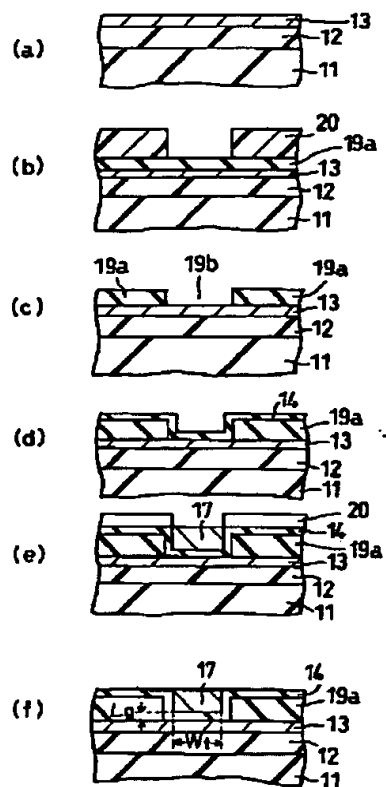
【図1】



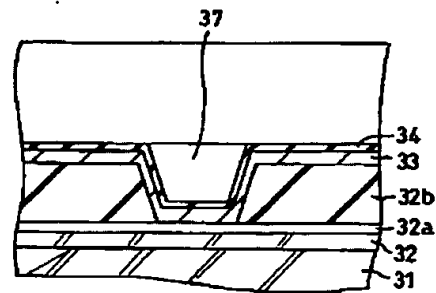
【図2】



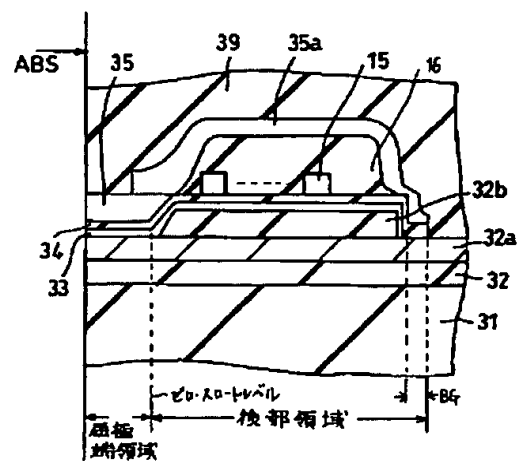
【図3】



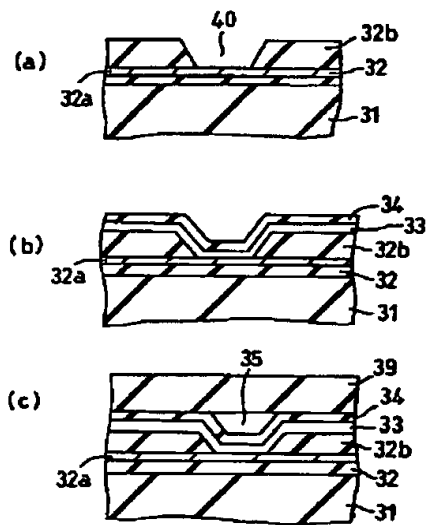
【図4】



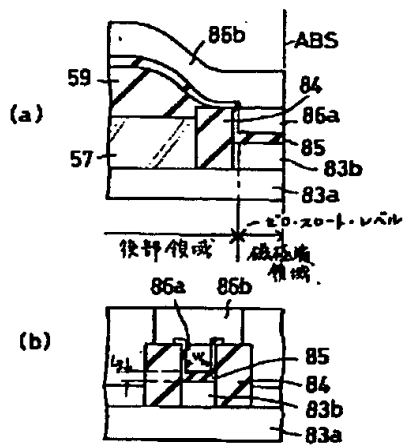
【図5】



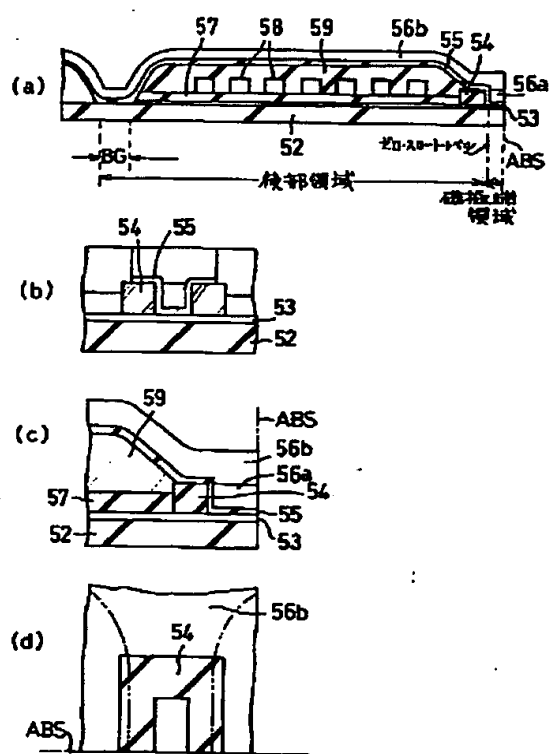
【図6】



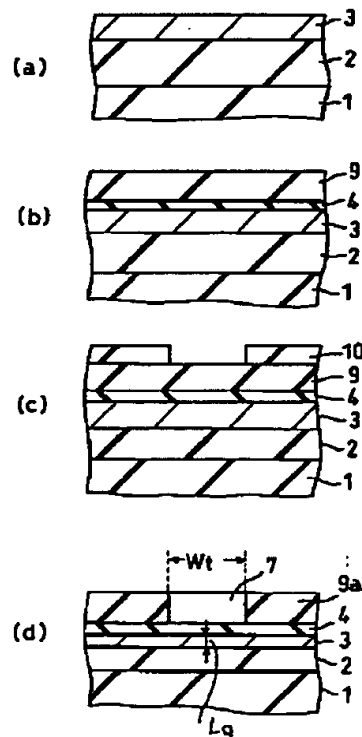
【図8】



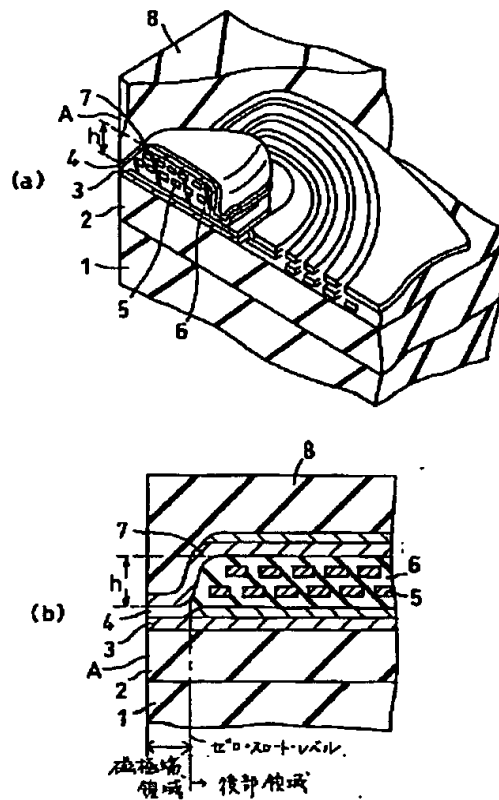
【図7】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 大沢 裕一

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

(72)発明者 堀 昭男

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

(72)発明者 小沢 則雄

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

(72)発明者 坂久保 武男

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

(72)発明者 小泉 隆

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内